



CESPU
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Avaliação da superfície de mini-implantes de titânio antes e após a sua dupla inserção em osso suíno Estudo in vitro

Ana Beatriz Gomes Miranda

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

—

Gandra, maio de 2023

Ana Beatriz Gomes Miranda

**Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária
(Ciclo Integrado)**

**Avaliação da superfície de mini-implantes de titânio antes e após
a sua dupla inserção em osso suíno
Estudo in vitro**

**Trabalho realizado sob a Orientação de Professora Doutora Primavera
Conceição Martins de Sousa Santos**

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

Comunicações científicas em congressos na forma de poster ou orais

- Apresentação de um trabalho científico sob a forma de Comunicação Oral intitulado, “Alterações da superfície de mini-implantes de liga de titânio antes e após a sua dupla inserção em osso: estudo in vitro” no âmbito das XXXI Jornadas subordinadas ao tema “Inflamação dos tecidos periimplantares – soluções atuais”, que decorreram no dia 17 de maio de 2023, nas instalações do Campus Universitário IUCS-CESPU em Gandra.
- Distinguido com o “1º prémio”, pela Comissão Científica das Jornadas, pela apresentação de um trabalho científico sob a forma de Comunicação Oral intitulado, “Alterações da superfície de mini-implantes de liga de titânio antes e após a sua dupla inserção em osso: estudo in vitro” no âmbito das XXXI Jornadas subordinadas ao tema “Inflamação dos tecidos periimplantares – soluções atuais”, que decorreram no dia 17 de maio de 2023, nas instalações do Campus Universitário IUCS-CESPU em Gandra.
- Apresentação de um trabalho científico sob a forma de Comunicação Oral intitulado, “In vitro evaluation of the effects of double insertion into bone on the surface of titanium alloy mini-implants” no âmbito do II Congresso Internacional da Unidade de Investigação UNIPRO/ IUCS-CESPU que decorreu nos dias 1 e 2 de junho de 2023, nas instalações do Museu de Penafiel.

Agradecimentos

Aos meus pais e a toda a minha família, pelo carinho e apoio ao longo deste percurso, por acreditarem em mim e nas minhas capacidades mesmo quando duvidei delas.

À minha irmã, a melhor do mundo, pelas memórias de infância, pelas viagens e por me mostrar que a faculdade pode ser descomplicada.

Às minhas amigas de sempre, por se terem cruzado comigo mesmo antes de sabermos ler ou escrever e por, mesmo longe, se fazerem presentes.

Ao Miguel, melhor amigo e namorado do mundo, por me ouvir todos os dias destes últimos 5 anos, pela paciência e companheirismo.

À Íris e à Lili, por terem sido a melhor companhia ao longo desta jornada e pela bonita amizade que construímos nos últimos 5 anos. À Ana, a minha binómia, com quem dei os primeiros passos na clínica, por tornar todos os momentos tranquilos e divertidos.

À Dra. Rita, pela generosidade que tem em deixar-me entrar na sua clínica, onde aprendo cada dia mais, com ela e com toda a equipa.

À minha orientadora, professora Primavera Sousa-Santos, pelo incentivo a cada etapa, pelo rigor e pelo conhecimento. Sem dúvida, tornou este percurso mais leve e divertido. À Dra. Raquel pelo apoio e por ter estado sempre disponível na elaboração deste estudo.

A esta instituição e a todos os professores, pela formação de qualidade que me proporcionaram.

Resumo

Introdução: Os MIs (mini-implantes) são dispositivos de ancoragem eficazes e amplamente aceites pelos ortodontistas. Diversas situações requerem a recolocação dos MIs, fator que, aliado ao aspeto económico, levanta a questão da reutilização dos mesmos. As alterações provocadas pela inserção dos MIs podem ser decisivas no seu sucesso.

Objetivo: Aferir as alterações na superfície dos MIs, após a sua dupla inserção em osso suíno.

Material e Métodos: Pesquisa bibliográfica realizada na PubMed, selecionando-se 21 artigos. Acrescentou-se 4 artigos por pesquisa manual. 30 MIs foram divididos em 3 grupos: Grupo 1 (G1): grupo controlo: MIs novos; Grupo 2 (G2): grupo experimental: MIs inseridos no osso; Grupo 3 (G3): grupo experimental: MIs inseridos duas vezes no osso. Os 3 grupos foram observados ao microscópio eletrónico de varrimento. Uma análise química pela técnica de espectroscopia de energia dispersiva foi realizada numa área de interesse.

Resultados: Os MIs novos apresentam deformação plástica e contaminação da sua superfície. A alteração mais significativa encontrada foi o encurtamento e arredondamento da ponta ativa (G2 e G3), sendo mais acentuados no G3. Carbono foi encontrado nos 3 grupos.

Discussão: As alterações encontradas nos MIs novos são presumivelmente derivadas do fabrico. O desgaste da ponta ativa no G2 e G3 torna-se um dado relevante porque sendo o local que mais sofre impacto durante a inserção, apresenta maior risco de fratura.

Conclusão: A alteração mais significativa observada foi o desgaste da ponta ativa (G2 e G3).

Palavras-Chave: "sterilized miniscrews"; "surface analysis"; "miniscrews"; "orthodontic mini-implants"; "retrieved miniscrews" e "scanning electron microscopy".

Abstract

Introduction: MIs (mini-implants) are effective anchorage devices widely accepted by orthodontists. Several situations require MIs relocation, a factor that, combined with the economic dimension, raises the question of their reuse. The changes caused by the MIs insertion can be decisive for their success.

Objective: Evaluate the changes on the surface of MIs after their double insertion in suine bone.

Material and Methods: Bibliographic research on the PubMed platform, selecting 21 articles. Four articles were added by manual research. 30 MIs were divided into 3 groups: Group 1 (G1): control group: new MIs; Group 2 (G2): experimental group: MIs inserted in bone; Group 3(G3): experimental group: MIs inserted twice in the bone. The 3 groups were observed under the scanning electron microscope. A chemical analysis by energy dispersive spectroscopy technique was performed on an area of interest.

Results: The new MIs show plastic deformation and contamination of their surface. The most significant alteration found was the shortening and rounding of the active tip (G2 and G3), being more pronounced in G3. Carbon was found in the 3 groups.

Discussion: The changes found in new MIs are presumably derived from manufacturing. The wear of the active tip in G2 and G3 becomes a relevant data, because being the site that suffers most impact during insertion, presents the higher risk of fracture.

Conclusion: The most significant change observed was the wear of the active tip (G2 and G3).

Keywords: "sterilized miniscrews"; "surface analysis"; "miniscrews"; "orthodontic mini-implants"; "retrieved miniscrews" and "scanning electron microscopy".

Índice:

1. Introdução	1
2. Objetivos	3
3. Material e Métodos	3
3.1 Metodologia de pesquisa bibliográfica.....	3
3.1.1 Critérios de Inclusão:	4
3.1.2 Critérios de Exclusão:	5
3.2 Metodologia de investigação	5
3.2.1 Tipo de estudo.....	5
3.2.2 Caracterização da amostra.....	5
3.2.3 Limpeza e esterilização da amostra	7
3.2.4 Inserção em osso.....	7
3.2.5 Análise em SEM	8
3.2.6 Análise em EDS	9
4. Resultados	10
4.1 Análise da superfície dos MIs de liga de titânio antes da sua utilização.....	10
4.2 Análise da superfície dos MIs de liga de titânio após inserção e desinserção em osso suíno	11
4.3 Análise da superfície dos MIs de liga de titânio após a sua dupla inserção e desinserção em osso suíno.....	13
4.4 Análise em EDS	15
5. Discussão	16
6. Conclusão	20
7. Referências bibliográficas	21
8. Anexos	24

Índice de figuras:

Figura 1: Diagrama da seleção dos artigos.....	4
Figura 2: Folha descritiva dos MIs da Dewimed.....	6
Figura 3: MIs novos na embalagem.....	6
Figura 4: MI inserido em osso suíno.....	6
Figura 5: MI duplamente inserido em osso suíno.....	6
Figura 6: Ultrassom (Maestra®).....	7
Figura 7: Autoclave (Hygoclave 30, Durr Dental®).....	7
Figura 8: Maxila suína; Chave manual; MIs antes da inserção em osso.....	8
Figura 9: Inserção de MIs em osso suíno.....	8
Figura 10: (FEG-SEM), NOVA 200 Nano SEM, FEI®	9
Figura 11 : MIs montados em um disco de alumínio com fita adesiva dupla face de carbono.....	9
Figura 12: MIs submetidos a análise em SEM.....	9
Figura 13: Superfície dos MIs (G1) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	11
Figura 14: Superfície dos MIs (G2) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	13
Figura 15: Superfície dos MIs (G3) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	14
Figura 16: Resultado da análise química EDS das manchas negras encontradas na superfície dos MIs.....	15
Figura 17: Superfície dos MIs (G1) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	24
Figura 18: Superfície dos MIs (G1) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	25

Figura 19: Superfície dos MIs (G1) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	26
Figura 20: Superfície dos MIs (G1) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	27
Figura 21: Superfície dos MIs (G2) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	28
Figura 22: Superfície dos MIs (G2) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	29
Figura 23: Superfície dos MIs (G2) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	30
Figura 24: Superfície dos MIs (G2) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	31
Figura 25: Superfície dos MIs (G3) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	32
Figura 26: Superfície dos MIs (G3) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	33
Figura 27: Superfície dos MIs (G3) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	34
Figura 28: Superfície dos MIs (G3) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x.....	35

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos:

MIs: Mini-implantes

TADs: Dispositivos de ancoragem temporária

CpTi: Titânio Comercialmente Puro

MI: Mini-implante

SEM: Microscópio eletrónico de varrimento

FEG-SEM: Microscópio eletrónico de varrimento por emissão de um campo de alta resolução

SEMAT: Serviços de Caracterização de Materiais da Universidade do Minho

EDS: Espectroscopia de energia dispersiva

1. Introdução

A ancoragem é definida como a resistência ao movimento dentário indesejado, sendo esta um fator primordial para o sucesso do tratamento ortodôntico.¹

Assim, a especial atenção na escolha do dispositivo de ancoragem juntamente com um planejamento rigoroso e individualizado de cada caso levam ao exercício de uma ortodontia de sucesso.¹

Em 1997, foi descrito por Kanomi o primeiro sistema de mini-implantes (MIs) desenhado especialmente para ancoragem ortodôntica.^{2,3,4} Desde então, estes têm ganho popularidade entre os clínicos porque, para além de oferecem uma ancoragem estável, apresentam baixo custo e tamanho reduzido, superando assim as limitações anatómicas dos implantes convencionais. Os MIs são independentes da cooperação do paciente e apresentam simples protocolo de inserção e facilidade de remoção. Ademais, a possibilidade de carga imediata após inserção diminui a duração do tratamento ortodôntico, fator que, aliado ao conforto, torna os MIs igualmente apelativos para os pacientes.^{2,4,5,6,7}

Os MIs são dispositivos de ancoragem temporária (TADs) que podem ser colocados em diversas áreas da cavidade oral, sendo removidos após utilização.⁸ Estes, têm-se demonstrado úteis na distalização, intrusão, extrusão, correção de mordida aberta e em outros casos de necessidade ortodôntica.^{9,10,11}

Atualmente a liga de titânio Ti-6AL-4V constitui grande parte dos MIs empregues na prática clínica. A preferência desta liga prende-se com a sua maior resistência mecânica quando comparada com o titânio comercialmente puro (CpTi), reduzindo assim a taxa de fratura dos MIs.¹²

Após terem cumprido o seu propósito no tratamento ortodôntico, os MIs são removidos do osso e geralmente descartados.¹³ No entanto, questões económicas e ambientais levantam a hipótese da reutilização dos mesmos.^{4,14} Ainda que o sucesso associado aos MIs seja superior a 80%¹⁵, a recolocação destes é um ato relativamente comum. Quer por limitações

anatômicas, como por exemplo, proximidade com raízes, vasos sanguíneos e nervos, quer por perda de estabilidade primária ou dor, a necessidade de reinserir os MIs pode ocorrer.¹⁶ Outra questão que se coloca é a mudança do local de inserção ao longo da correção ortodôntica de acordo com a fase de tratamento.¹⁷

Em qualquer uma das situações, apenas se torna viável a reutilização destes dispositivos após um rigoroso protocolo de esterilização que mantenha as propriedades mecânicas do mini-implante (MI).¹⁷ Nem todos os TADs podem ser reutilizados, mas os implantes de metal, como os de liga de titânio, podem mais facilmente ser reusados porque a limpeza mecânica, química e a esterilização resultam em uma perda pequena ou nula de forma e função.¹⁸

A análise dos materiais biomédicos recuperados fornece informação crítica sobre o desempenho do material no ambiente que este se destina a trabalhar.¹⁸ Posto isto, a avaliação microscópica das modificações estruturais dos MIs, sofridas aquando da inserção e desinserção, é crucial na decisão de os reutilizar.¹⁴

Deste modo, o objetivo desta investigação foi aferir as alterações na superfície dos MIs após a sua dupla inserção em osso suíno.

2. Objetivos

O objetivo desta investigação é aferir as alterações na superfície dos MIs, após a sua dupla inserção em osso suíno.

3. Material e Métodos

O trabalho experimental centrou-se na análise topográfica dos MIs após dupla inserção em osso suíno. Este estudo deve-se à necessidade de entender as modificações que ocorrem na superfície destes dispositivos aquando da inserção e desinserção, de modo a entender a viabilidade da sua reutilização.

3.1 Metodologia de pesquisa bibliográfica

Para a fundamentação teórica desta investigação, a pesquisa bibliográfica foi realizada através de uma pesquisa avançada na base de dados PubMed. A pesquisa foi elaborada com 3 grupos diferentes de palavras-chave, "sterilized miniscrews"; "sterilized mini-implants"; "surface analysis"; "miniscrews"; "orthodontic mini-implants"; "retrieved miniscrews" e "scanning electron microscopy", como se pode verificar na figura 1.

Foi ainda retirada informação sobre os MIs estudados no flyer da marca.

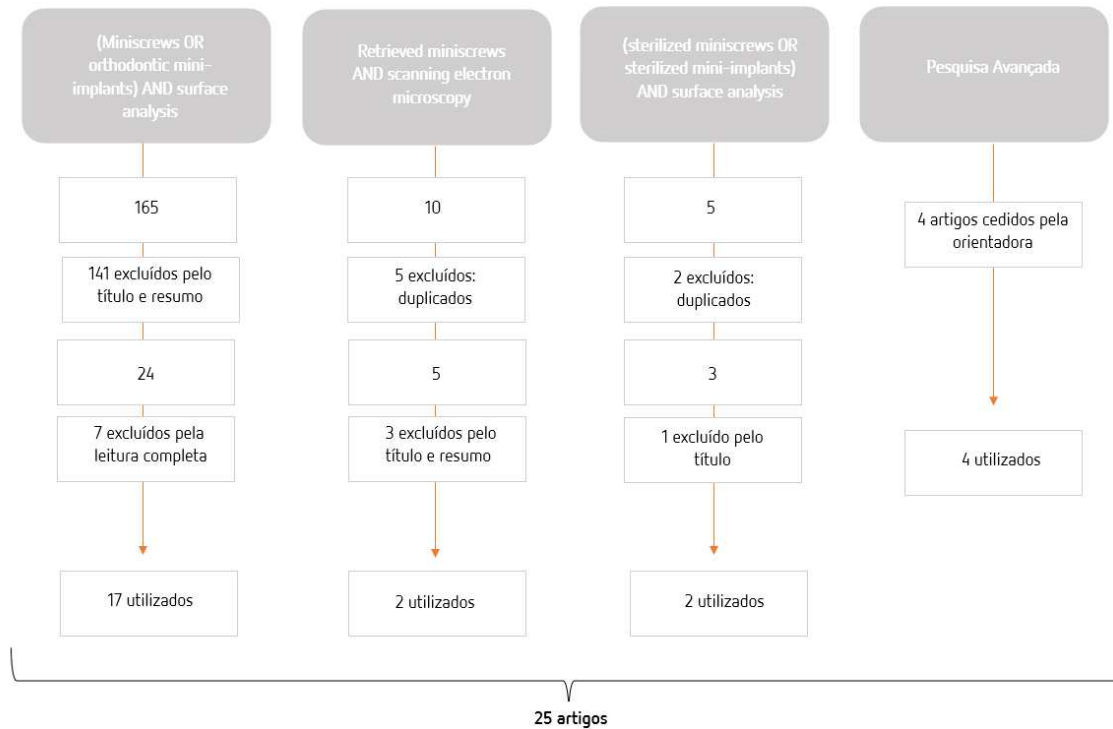


Figura 1: Diagrama da seleção dos artigos

3.1.1 Critérios de Inclusão:

- Artigos cujo estudo se refira à avaliação da superfície dos MIs;
- Artigos com resumos considerados relevantes para o desenvolvimento deste trabalho;
- Artigos nos quais se verifique a presença das palavras-chave ou alguma associação entre elas;
- Estudos realizados em humanos, animais ou in-vitro.

3.1.2 Critérios de Exclusão:

- Artigos que não cumpriram os critérios de inclusão;
- Artigos não gratuitos;
- Artigos duplicados;
- Artigos que, após leitura na íntegra, não mostraram relevância para o desenvolvimento deste trabalho.

3.2 Metodologia de investigação

3.2.1 Tipo de estudo

O presente estudo terá por base uma investigação qualitativa observacional experimental.

3.2.2 Caracterização da amostra

Para este estudo foram utilizados 30 MIs de liga de titânio Ti-6AL-4V com 8mm de comprimento e 1.6mm de diâmetro, do modelo O.S.A.S e do fabricante (Dewimed®) de forma a prevenir qualquer enviesamento relativo ao desenho ou às propriedades do material (Figura 2).

Os MIs foram divididos em 3 grupos, de 10 dispositivos cada:

Grupo 1(G1) -Grupo Controlo: MIs novos, recebidos do fornecedor na embalagem (Figura 3).

Grupo 2(G2) - Grupo Experimental: MIs limpos e esterilizados e em seguida inseridos no osso suíno (Figura 4).

Grupo 3(G3) - Grupo Experimental: MIs limpos e esterilizados e inseridos duas vezes consecutivas no osso suíno (Figura 5).

A esterilização prévia à inserção em osso dos MIs do G2 e G3 foi realizada por indicação do fabricante.

Os MIs do G2 e G3, após inserção no osso, sofreram limpeza ultrassónica. Em seguida, todos os grupos foram analisados em microscópio eletrónico de varrimento (SEM).

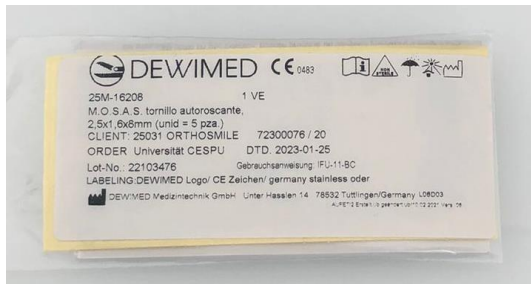


Figura 2: Folha descritiva dos MIs da Dewimed



Figura 3: MIs novos na embalagem



Figura 4: MI inserido em osso suíno



Figura 5: MI duplamente inserido em osso suíno

3.2.3 Limpeza e esterilização da amostra

Os MIs do G2 e G3 foram primeiro limpos em ultrassom (Mestra®) por 10 minutos a 45°C e 35 kHz com solução "ID 212, DURR DENTAL" (Figura 6). Em seguida, cada MI foi embalado separadamente e esterilizado em autoclave (Hygoclave 30, Durr Dental®), a 134° por 60 minutos (Figura 7).



Figura 6: Ultrassom (Maestra®)



Figura 7: Autoclave (Hygoclave 30, Durr Dental®)

3.2.4 Inserção em osso

Os MIs foram inseridos na maxila do suíno, com auxílio da chave manual da marca (Figura 8). Todos os MIs foram inseridos e removidos pelo mesmo operador (Figura 9).



Figura 8: Maxila suína; Chave manual; MIs antes da inserção em osso



Figura 9: Inserção de MIs em osso suíno

3.2.5 Análise em SEM

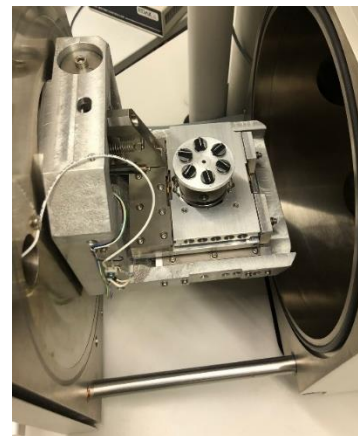
De forma a avaliar as características da superfície dos MIs, 5 MIs de cada grupo foram selecionados aleatoriamente e examinados num microscópio eletrónico de varrimento por emissão de um campo de alta resolução (FEG-SEM), da empresa FEI®, modelo NOVA 200 Nano (Figura 10). O SEM foi ajustado a 10 kV de tensão de aceleração e os MIs foram montados em um disco de alumínio com fita adesiva dupla face de carbono com a ponta dos MIs voltada para cima (Figura 11 e 12). As imagens foram obtidas no SEMAT, pelo mesmo operador e nas seguintes ampliações: 73x, 100x, 350x e 2000x.



*Figura 10: (FEG-SEM), NOVA
200 Nano SEM, FEI®*



*Figura 11: MIs montados em um disco
de alumínio com fita adesiva dupla
face de carbono*



*Figura 12: MIs submetidos a análise
em SEM*

3.2.6 Análise em EDS

Foi ainda realizada análise química de uma zona de interesse encontrada nos MIs (manchas escuras), através da técnica de espectroscopia de energia dispersiva (EDS), com recurso a um detetor EDAX® Si (Li) acoplado ao equipamento SEM com uma tensão de aceleração de 15 kV.

4. Resultados

4.1 Análise da superfície dos MIs de liga de titânio antes da sua utilização

Após observação dos MIs novos (G1) ao SEM, verificamos que a superfície apresentava algumas alterações. Tal como podemos observar nas Figuras 13-A, B e D, foram identificadas ligeiras deformações plásticas por todo o MI com maior concentração nos bordos das espiras. Para além destas alterações morfológicas, verificou-se a presença de impurezas sob a forma de manchas brancas ao longo de toda a superfície, assim como manchas escuras (Figura 13-A e B). Todas estas alterações são presumivelmente derivadas do processo de fabricação. Sendo assim, não se verificou, como seria de esperar, a existência de uma superfície lisa e estéril em todo o MI.

Relativamente à ponta ativa, verificamos que existia uma morfologia normal e semelhante entre todas as amostras visualizadas (Figura 13-C). Os bordos das espiras, apesar de apresentarem deformações plásticas, encontravam-se afiados (Figura 13-A e B).

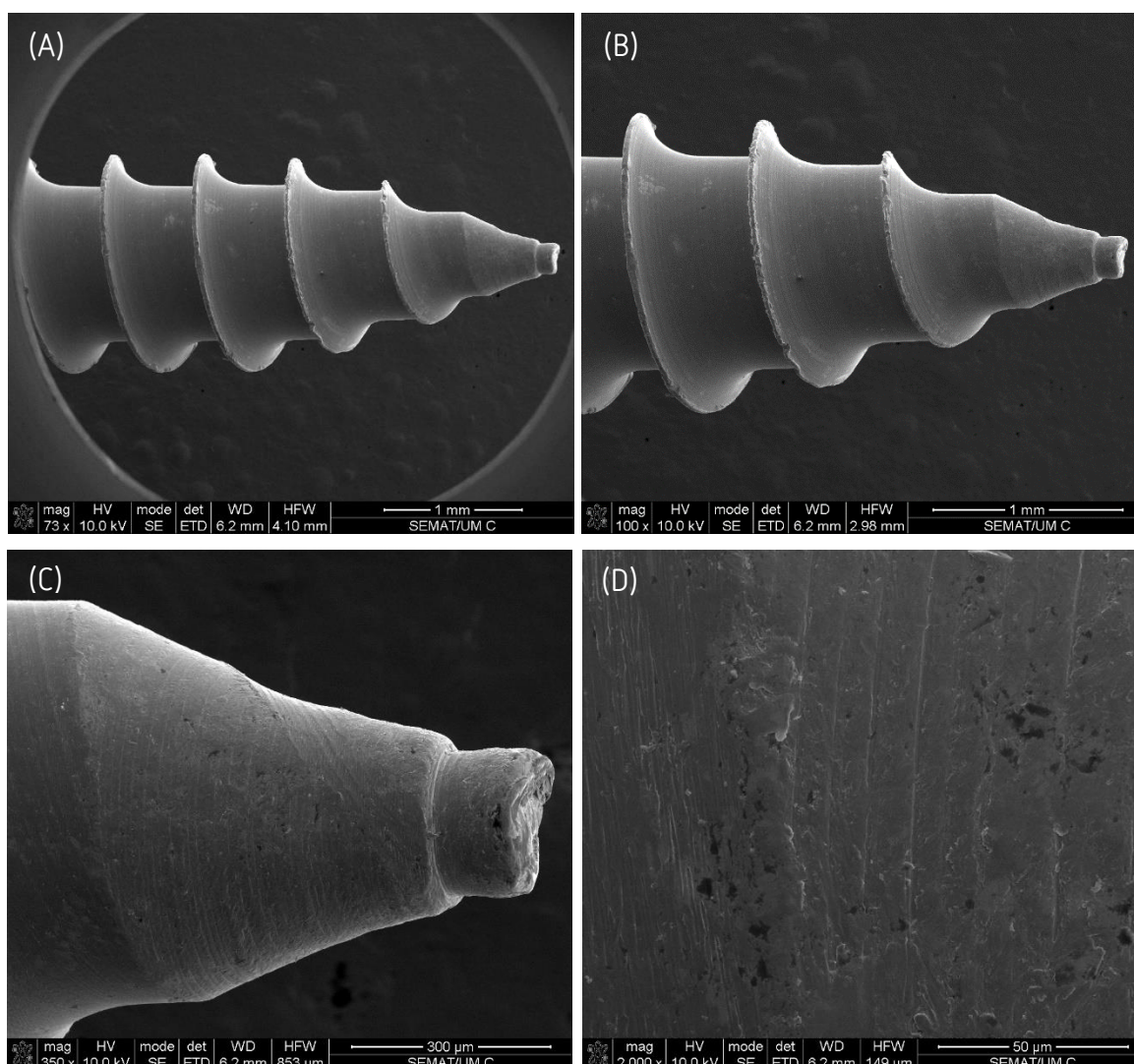


Figura 13: Superfície dos MIs (G1) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

4.2 Análise da superfície dos MIs de liga de titânio após inserção e desinserção em osso suíno

Na análise dos MIs (G2), após uma inserção e desinserção, observou-se um ligeiro desgaste dos bordos das espiras quando comparados com os MIs novos. Foram detetadas

deformações plásticas em toda a superfície dos MIs (Figuras 14-A e B), a maioria já visível nos MIs do G1, tal como referido acima.

A alteração mais significativa foi a da ponta ativa, uma vez que podemos observar um ligeiro arredondamento e encurtamento da mesma (Figura 14-C).

Verificou-se também a presença de matéria orgânica e sais por toda a superfície do MI, assim como manchas escuras (Figura 14-A, B, C e D).

Foi detetada, numa das cinco amostras analisadas, uma pequena fratura em um dos bordos das espiras.

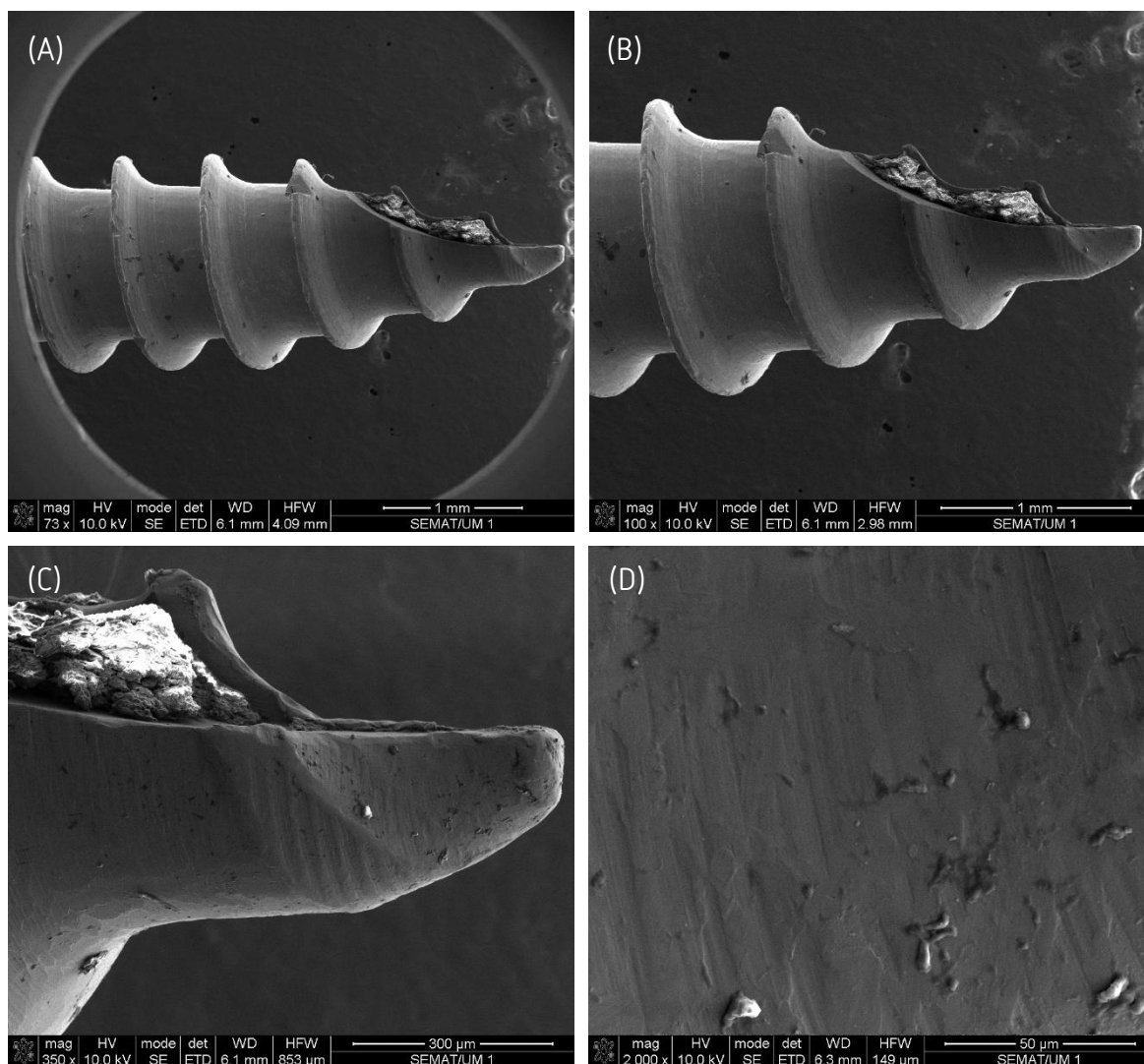


Figura 14: Superfície dos MIs (G2) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

4.3 Análise da superfície dos MIs de liga de titânio após a sua dupla inserção e desinserção em osso suíno.

Na análise dos MIs após dupla inserção e desinserção (G3), não se verificaram alterações significativas da superfície para além daquelas encontradas nos MIs do G2.

A alteração mais expressiva foi, uma vez mais, na ponta ativa, uma vez que podemos verificar um aumento do desgaste e do encurtamento em relação aos MIs do G2 (Figura 15-C).

Verificou-se também a presença de matéria orgânica e sais por toda a superfície do MI, já visível nos MIs do G2. Observou-se ainda, a presença de manchas escuras (Figuras 15-A, B, C e D).

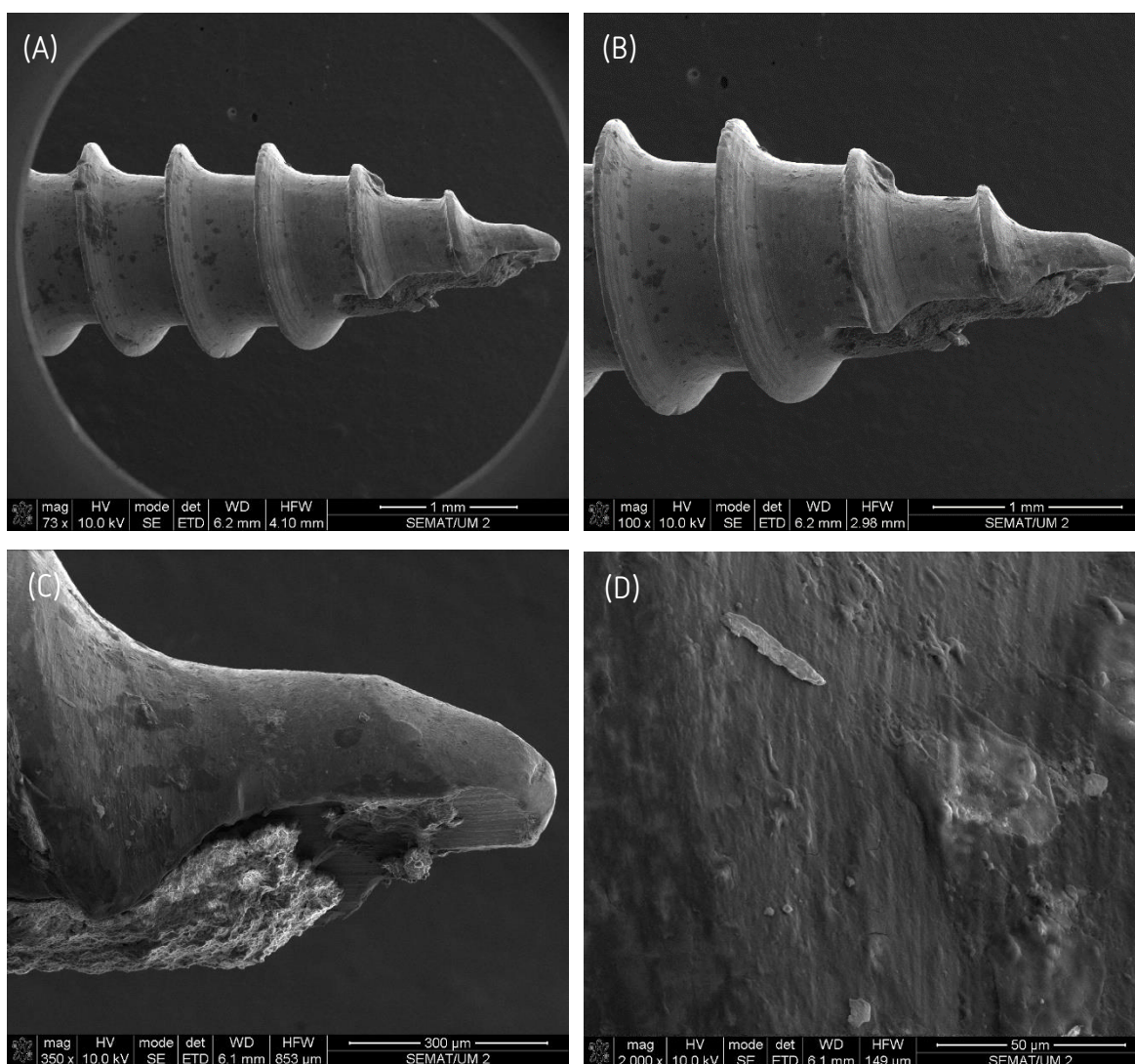


Figura 15: Superfície dos MIs (G3) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

Encontram-se disponíveis em anexo as imagens obtidas em SEM das restantes amostras analisadas.

4.4 Análise em EDS

Durante a análise em SEM, foi possível observar manchas escuras na superfície dos MIs. Foi realizada análise química através de EDS das manchas escuras encontradas na superfície dos MIs. Assim, constatou-se que estas são maioritariamente constituídas por carbono (Figura 16).

Label A: E4 - Z1

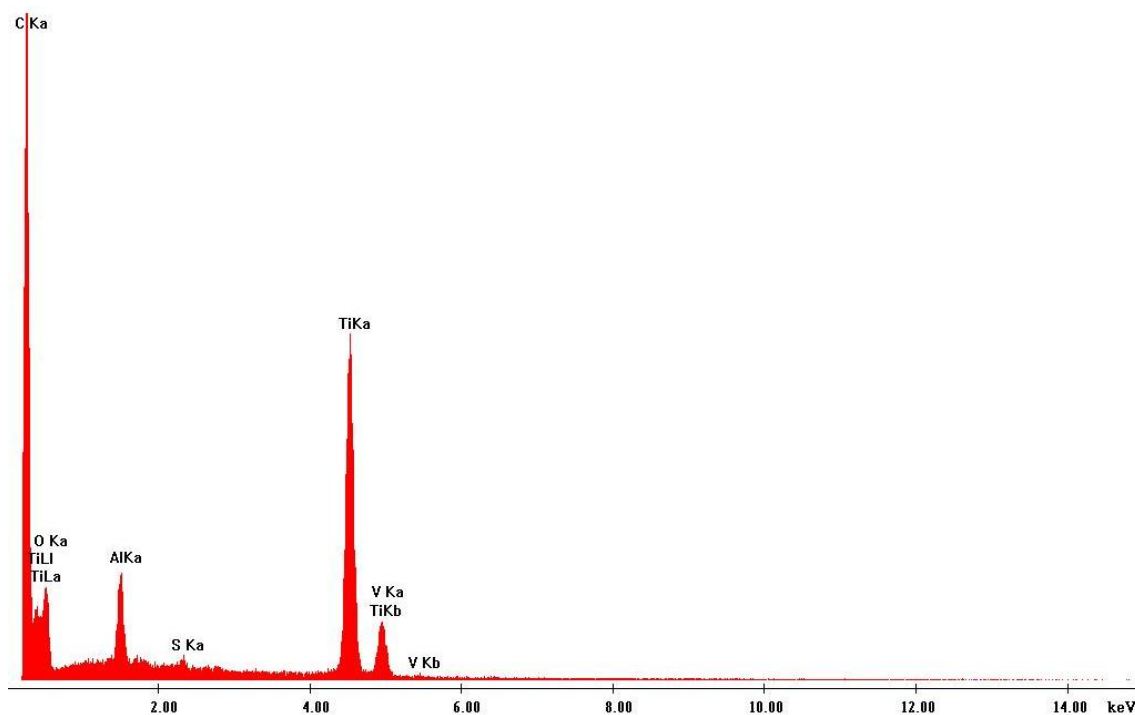


Figura 16: Resultado da análise química EDS das manchas escuras encontradas na superfície dos MIs.

5. Discussão

Os MIs são fontes de ancoragem estável e têm sido amplamente utilizados pelos ortodontistas. Para além de eficazes, são bem aceites pelos pacientes.^{8,19}

Estes dispositivos de pequenas dimensões, devem suportar cargas elevadas, o que requer que possuam boas propriedades mecânicas. No nosso estudo, foram selecionados MIs de liga de titânio Ti-6Al-4V. Devido à incorporação de alumínio e vanádio ao titânio puro, esta liga oferece maior resistência mecânica, diminuindo a taxa de fratura associada aos MIs.^{20,21}

Para além disto, a liga de titânio apresenta biocompatibilidade, fator que está associado à camada de óxido que se forma na superfície dos MIs. Esta película é uma camada forte e estável que se pode formar espontaneamente através do contacto com o ar. A presença da camada de óxido na superfície dos MIs impede a difusão do oxigénio do ambiente, oferecendo desta forma resistência à corrosão.⁹

Uma ancoragem estável e eficaz é um dos fatores chave para o sucesso dos tratamentos ortodônticos e depende da estabilidade primária e da resistência mecânica dos MIs. Estes fatores, por sua vez, estão dependentes das características topográficas destes dispositivos.¹⁹

A hipótese de reutilização dos MIs tem sido colocada porque, para além de ser uma prática benéfica para o ambiente, reduz os custos associados ao tratamento ortodôntico.⁸ Durante o processo de inserção dos MIs, a proximidade com raízes e vasos sanguíneos pode conduzir à necessidade de alterar o local de inserção inicial.¹⁶ Para além disso, a recolocação pode ser útil conforme a fase da correção ortodôntica em que o paciente se encontra.¹⁷

No entanto, a utilização de materiais médicos invasivos em diferentes pacientes levanta questões éticas e riscos para a segurança biológica.^{6,22} Ainda assim, em casos de recolocação no mesmo paciente, a utilização do mesmo MI pode ser considerada após a sua esterilização. Nesta situação, as características estruturais e as propriedades mecânicas do dispositivo têm de ser garantidas.^{5,8}

É previsível que o processo de inserção e desinserção dos MIs no osso origine alterações na sua superfície.⁸ Assim, a análise da superfície dos MIs duplamente inseridos em osso suíno, realizada no nosso estudo, permite elucidar as alterações estruturais que estes possam sofrer aquando da sua reutilização.

De forma a efetuar uma avaliação rigorosa da superfície dos MIs, a sua observação foi realizada através do SEM, visto que este permite obter imagens tridimensionais de alta resolução e ampliação. Os MIs foram inseridos no osso suíno devido às suas características anatómicas semelhantes ao maxilar humano. Além de que o osso do porco é um recurso de fácil acesso e económico para fins de investigação. O estudo de *Patil et al.*¹⁸ constatou que não existem diferenças significativas na superfície dos MIs recuperados da maxila em comparação com os recuperados da mandíbula. Diante disso, a escolha da maxila do suíno foi realizada aleatoriamente.

No nosso estudo, quando os MIs novos (G1) foram analisados ao SEM, verificou-se que a superfície destes já se encontrava com algumas deformações plásticas, mais notáveis nos bordos das espiras. Esta observação corrobora com os estudos de *Patil et al.*¹⁸ e *Sebbar et al.*¹² que, de forma idêntica, identificaram imperfeições derivadas da fresagem e polimento (defeitos de fabrico), sob a forma de riscos, na superfície de MIs novos. Para além destas alterações, no nosso estudo, verificou-se a presença de impurezas sob a forma de manchas brancas e escuras ao longo de toda a superfície. Sendo que os MIs do G1 foram analisados imediatamente após serem removidos da embalagem do fabricante, é presumível que todas estas alterações sejam derivadas do processo de produção.

*Hergel et al.*⁸ avaliaram em SEM a superfície de MIs inseridos e desinseridos uma e duas vezes no osso artificial, tendo observado um desgaste mais notório nos MIs que sofreram dupla inserção. À semelhança deste estudo, quando comparamos os MIs do G1 com os MIs do G2 e G3, detetamos que estes dois últimos grupos apresentaram desgaste dos bordos das espiras, sendo que, em algumas das amostras do G3, esse desgaste foi mais acentuado. Por outro lado, *Gross et al.*¹⁴ verificaram que a reutilização até quatro vezes dos MIs não alterou significativamente a estrutura da superfície dos mesmos.

A nossa observação em SEM verificou que, a alteração mais significativa entre o G1 e G2 ocorreu na ponta ativa dos MIs do G2 que sofreu um ligeiro arredondamento e encurtamento. No estudo de *Marigo et al.*¹, foi verificada fratura da ponta ativa em alguns dos MIs usados. Pelo contrário, no nosso estudo não ocorreu fratura de nenhuma ponta ativa, quer na única quer na dupla inserção. De forma idêntica, no estudo de *Iijima et al.*¹⁵ não foram identificadas fraturas da ponta ativa dos MIs após uso clínico. Contudo, no nosso estudo observou-se que a ponta ativa dos MIs do G3 encontrava-se ainda mais desgastada do que a ponta ativa dos MIs do G2. *Chung et al.*¹⁶, *Yun et al.*⁵ e *Mattos et al.*¹³, analisaram a superfície de MIs usados e verificaram que a maioria apresentava vários graus de deformação notável da ponta ativa. A análise deste dado torna-se relevante, visto que a ponta ativa dos MIs, sendo o local que mais sofre impacto durante a inserção e remoção, é a zona que apresenta maior risco de fratura.¹

A limpeza ultrassónica, após inserção em osso e prévia à visualização em SEM, foi realizada neste estudo, de forma a remover os principais detritos originários da inserção em osso suíno. Deste modo, seria possível uma melhor visualização das alterações morfológicas da superfície dos MIs. No entanto, observamos que a superfície dos MIs do G2, assim como do G3, mesmo após limpeza ultrassónica, continha matéria orgânica e sais. O estudo de *Gross et al.*¹⁴, conclui que o processo de limpeza com fricção, limpeza em ultrassom e esterilização em autoclave, não foi capaz de remover todo o osso artificial da superfície dos MIs. De forma semelhante, *Jiman et al.*⁴, detetou que todos os MIs recuperados, mesmo após limpeza ultrassónica e esterilização em autoclave, continham materiais biológicos nas suas superfícies. Estes resultados levantam uma vez mais as questões éticas e de segurança biológica inerentes à reutilização de MIs em diferentes pacientes.

No estudo de *Chung et al.*¹⁶, não foi detetada a presença de carbono nos MIs novos. No entanto, este elemento, juntamente com cálcio e fósforo, foi encontrado na superfície dos MIs analisados após a sua utilização no tratamento ortodôntico. Em contrapartida, quando *Silverstein et al.*⁹, avaliou a composição química de MIs recebidos do fabricante, detetou a presença de carbono na superfície dos MIs das três marcas distintas analisadas. No nosso

estudo, foram observadas manchas escuras nos MIs do G1, G2 e G3. Após análise em EDS, conclui-se que estas manchas são ricas em carbono. O aparecimento delas pode ocorrer devido ao contacto com a atmosfera, tanto durante o processo de fabrico e esterilização como durante o tempo em que os MIs entram em contacto com a atmosfera, a partir do momento em que as embalagens são abertas.^{5,9,23} Deste modo, justifica-se o aparecimento de carbono na superfície dos MIs novos (G1), assim como a presença de manchas escuras nos MIs usados (G2 e G3).

Conforme as indicações do fabricante, a esterilização prévia à inserção no osso foi realizada no nosso estudo. De acordo com *Mattos et al.*¹³ e *Gross et al.*¹⁴, o processo de esterilização não altera significativamente a topografia da superfície dos MIs de liga Ti-6Al-4V. Deste modo, podemos presumir que as alterações observadas na superfície dos MIs usados (G2 e G3) são derivadas do processo de fabrico e, principalmente, do processo de inserção e desinserção em osso.

Devemos ter em consideração que, neste estudo, os MIs analisados não estiveram em contacto com saliva nem com outros elementos da cavidade oral. Para além disso, os MIs não estiveram sujeitos a nenhuma carga ortodôntica. Na presença destes fatores, os MIs podem sofrer corrosão e um maior desgaste, conduzindo, conseqüentemente, a resultados distintos dos obtidos.^{24,25} No que diz respeito a perspetivas futuras de investigação, o tamanho da amostra deverá ser aumentado e parâmetros como o torque de inserção e torque de fratura dos MIs deverão ser analisados, de forma a compreender melhor a viabilidade da sua reutilização.

6. Conclusão

Com base nos resultados obtidos e de acordo com a metodologia descrita no presente estudo, podemos formular as seguintes conclusões:

- Os MIs novos (G1) apresentam alterações na morfologia da sua superfície assim como contaminação da mesma.
- Os MIs recuperados (G2 e G3) apresentam desgaste dos bordos das espiras, que se encontravam afiados nos MIs novos (G1).
- A alteração mais expressiva foi encontrada na ponta ativa que, devido ao processo de inserção e desinserção, sofreu arredondamento e encurtamento, fenómenos que estão aumentados, quando os MIs são inseridos duas vezes consecutivas.
- Todos os grupos de MIs apresentam manchas ricas em carbono, provenientes do processo de fabrico e esterilização assim como do contacto com a atmosfera. O número de manchas foi mais significativo no G2 e G3.

7. Referências bibliográficas

1. Marigo G, Elias CN, Marigo M. Surface analysis of 2 orthodontic mini-implants after clinical use. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016 Jul;150(1):89-97.
2. Lin JC, Liou EJ, Yeh CL, Evans CA. A comparative evaluation of current orthodontic miniscrew systems. *World J Orthod.* 2007 Summer;8(2):136-44.
3. Crismani AG, Bertl MH, Celar AG, Bantleon HP, Burstone CJ. Miniscrews in orthodontic treatment: review and analysis of published clinical trials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 Jan;137(1):108-13.
4. Jiman PA, Prodan D, Moldovan M, Muntean A, Sarosi C, Tarmure V, Baciut G, Popa C, Pop AS. New and Recovered Temporary Anchorage Devices, In Vitro Assessment of Structural and Surface Properties. *Materials (Basel).* 2021 Oct 21;14(21):6271.
5. Yun SD, Choi SH, Cha JY, Yu HS, Kim KM, Kim J, Hwang CJ. Effects of recycling on the biomechanical characteristics of retrieved orthodontic miniscrews. *Korean J Orthod.* 2017 Jul;47(4):238-247.
6. Mattos CT, Ruellas AC, Sant'anna EF. Effect of autoclaving on the fracture torque of mini-implants used for orthodontic anchorage. *J Orthod.* 2011 Mar;38(1):15-20.
7. Pickard MB, Dechow P, Rossouw PE, Buschang PH. Effects of miniscrew orientation on implant stability and resistance to failure. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 Jan;137(1):91-9.
8. Hergel CA, Acar YB, Ates M, Kucukkeles N. In-vitro evaluation of the effects of insertion and sterilization procedures on the mechanical and surface characteristics of mini screws. *Eur Oral Res.* 2019 Jan;53(1):25-31.
9. Silverstein J, Barreto O, França R. Miniscrews for orthodontic anchorage: nanoscale chemical surface analyses. *Eur J Orthod.* 2016 Apr;38(2):146-53.
10. Eliades T, Zinelis S, Papadopoulos MA, Eliades G. Characterization of retrieved orthodontic miniscrew implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Jan;135(1):10.e1-7.

11. Brown RN, Sexton BE, Gabriel Chu TM, Katona TR, Stewart KT, Kyung HM, Liu SS. Comparison of stainless steel and titanium alloy orthodontic miniscrew implants: a mechanical and histologic analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014 Apr;145(4):496-504.
12. Sebbar M, Bourzgui F, Aazzab B, Elquars F. Anchorage miniscrews: a surface characterization study using optical microscopy. *Int Orthod.* 2011 Sep;9(3):325-38.
13. Mattos, C. T., Ruellas, A. C., & Elias, C. N. (2010). Is it possible to re-use miniimplants for Orthodontic Anchorage? Results of an in vitro study. *Materials Research*, 521-525.
14. Gross JM, Nascimento GG, Araújo VC, Bönecker M, Furuse C. Mini-implants for Orthodontic Anchorage: Surface Analysis after Redrilling and Sterilization - An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract.* 2016 Apr 1;17(4):300-5.
15. Iijima M, Muguruma T, Kawaguchi M, Yasuda Y, Mizoguchi I. In vivo degradation of orthodontic miniscrew implants: surface analysis of as-received and retrieved specimens. *J Mater Sci Mater Med.* 2015 Feb;26(2):71.
16. Chung CJ, Jung KY, Choi YJ, Kim KH. Biomechanical characteristics and reinsertion guidelines for retrieved orthodontic miniscrews. *Angle Orthod.* 2014 Sep;84(5):878-84.
17. Estelita S, Janson G, Chiqueto K, Ferreira ES. Effect of recycling protocol on mechanical strength of used mini-implants. *Int J Dent.* 2014;2014:424923.
18. Patil P, Kharbanda OP, Duggal R, Das TK, Kalyanasundaram D. Surface deterioration and elemental composition of retrieved orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015 Apr;147(4 Suppl):S88-100.
19. Burmann PF, Ruschel HC, Vargas IA, de Verney JC, Kramer PF. Titanium alloy orthodontic mini-implants: scanning electron microscopic and metallographic analyses. *Acta Odontol Latinoam.* 2015 Apr;28(1):42-7.
20. Serra G, Morais L, Elias CN, Semenova IP, Valiev R, Salimgareeva G, Pithon M, Lacerda R. Nanostructured severe plastic deformation processed titanium for orthodontic mini-implants. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2013 Oct;33(7):4197-202.

21. Alves CB, Segurado MN, Dorta MC, Dias FR, Lenza MG, Lenza MA. Evaluation of cytotoxicity and corrosion resistance of orthodontic mini-implants. *Dental Press J Orthod.* 2016 Sep-Oct;21(5):39-46.
22. Kim GT, Jin J, Mangal U, Lee KJ, Kim KM, Choi SH, Kwon JS. Primary Stability of Orthodontic Titanium Miniscrews due to Cortical Bone Density and Re-Insertion. *Materials (Basel).* 2020 Oct 5;13(19):4433.
23. Vasoglou M, Chrysomali E, Zinelis S, Bitsanis I, Haralambakis N, Makou M, EpsilonIiades G. Retrieval analysis of immediately loaded orthodontic mini-implants: material and tissue characterization. *Eur J Orthod.* 2014 Dec;36(6):683-9.
24. Sebbar M, Bourzgui F, Lazrak L, Aazzab B, El Quars F. Comparaison microscopique de la surface des minivis utilisées en orthodontie: avant et après usage [Microscopic comparison of the miniscrew's surface used in orthodontics: before and after use]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2012 Nov;113(5):365-9.
25. Suzuki MK, Martins DA, Costa MT, Ferreira AC, Ferreira FA. Ions release Evaluation and Changes in Mini-implant Orthodontic Surface. *J Contemp Dent Pract.* 2018 Aug 1;19(8):910-917.

8. Anexos

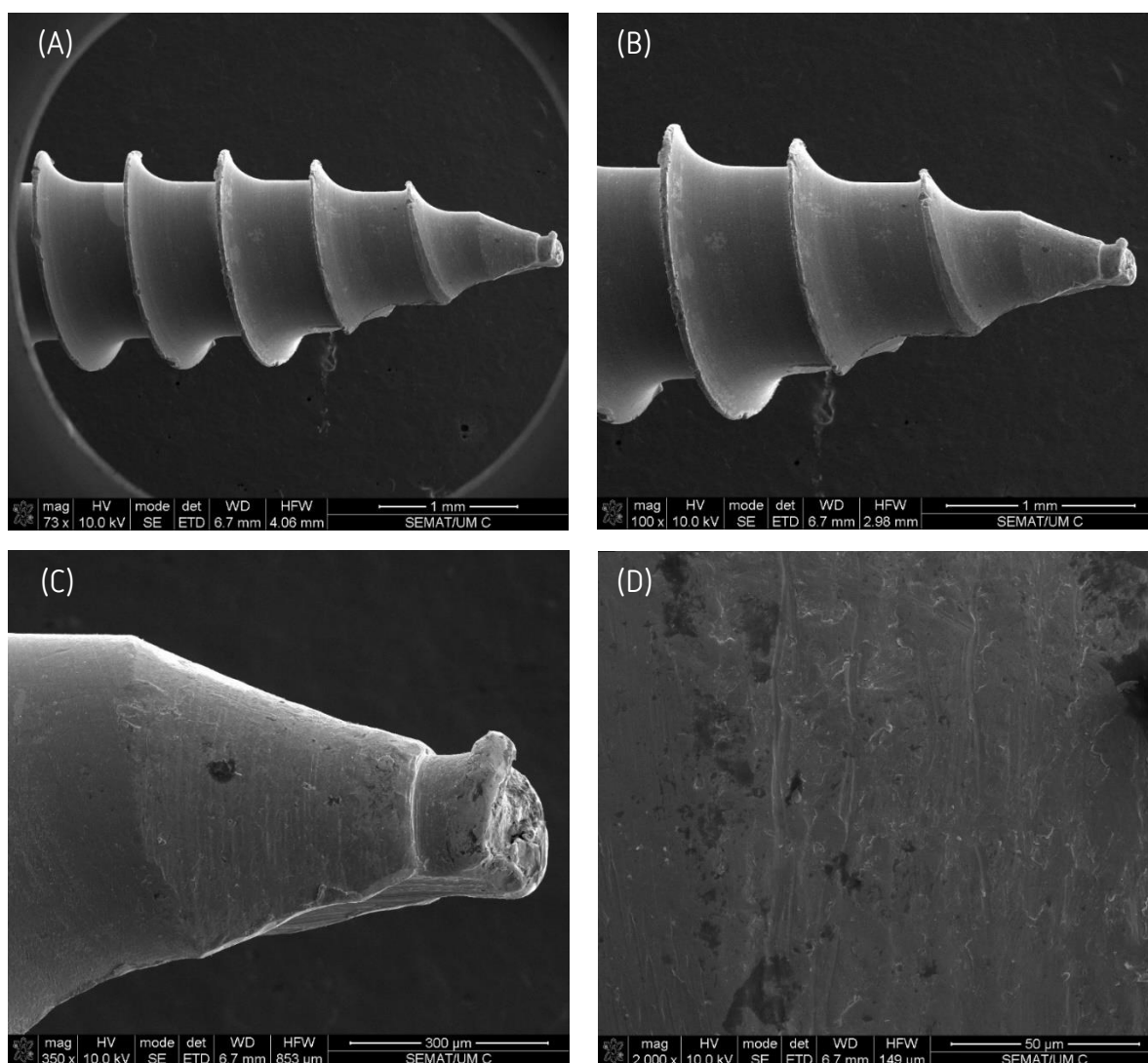


Figura 17: Superfície dos MIs (G1) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

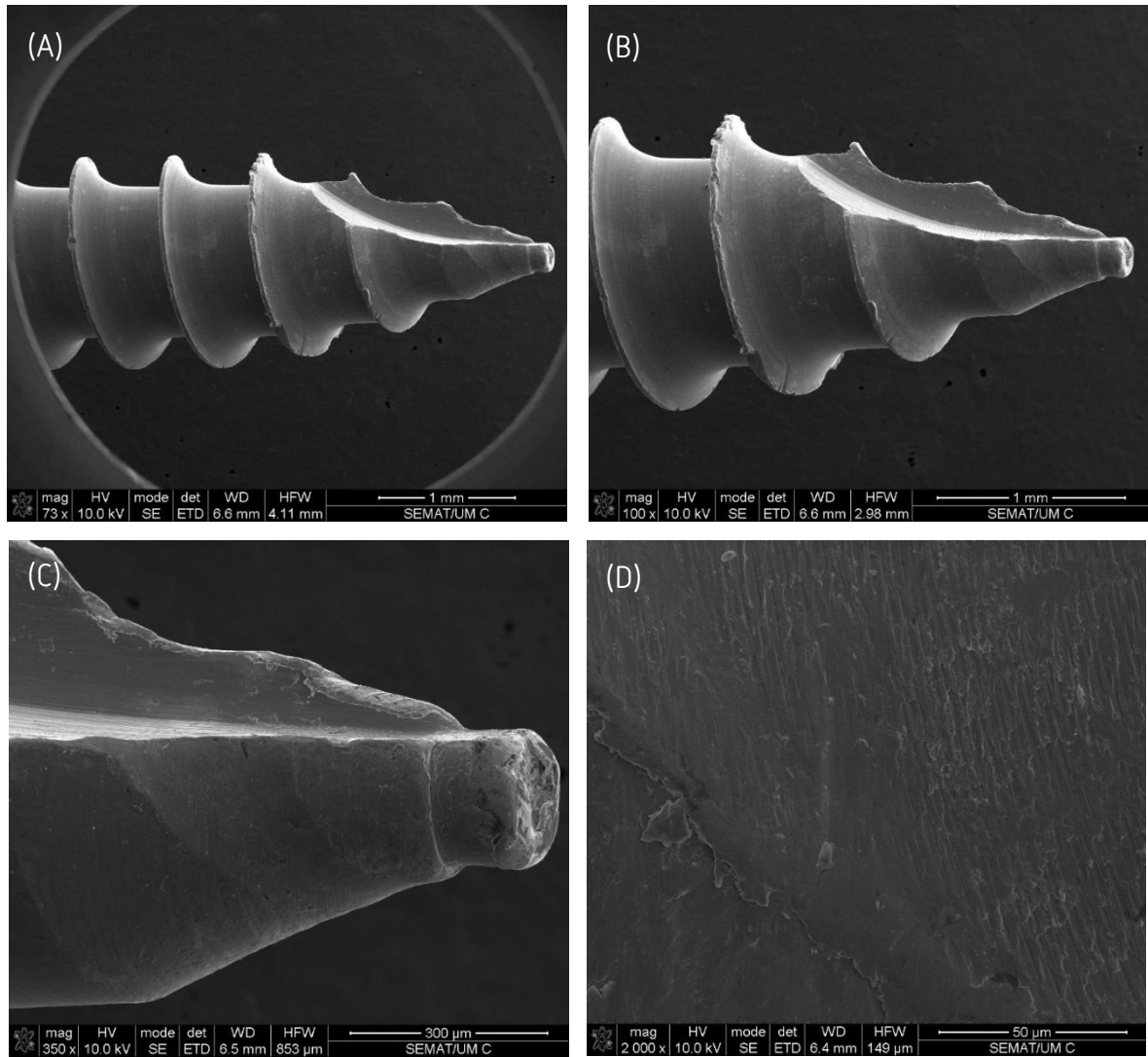


Figura 18: Superfície dos MIs (G1) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

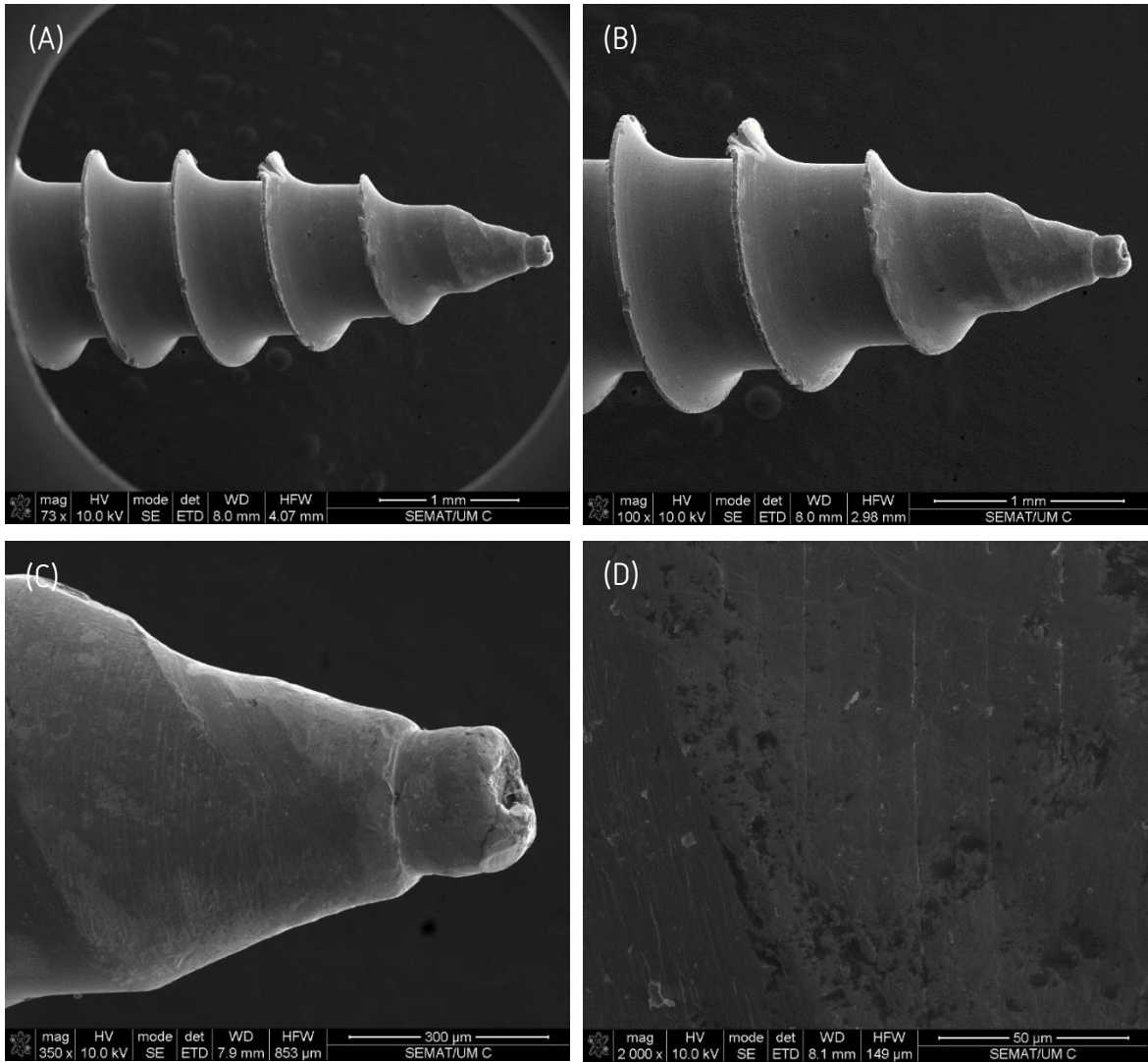


Figura 19: Superfície dos MIs (G1) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

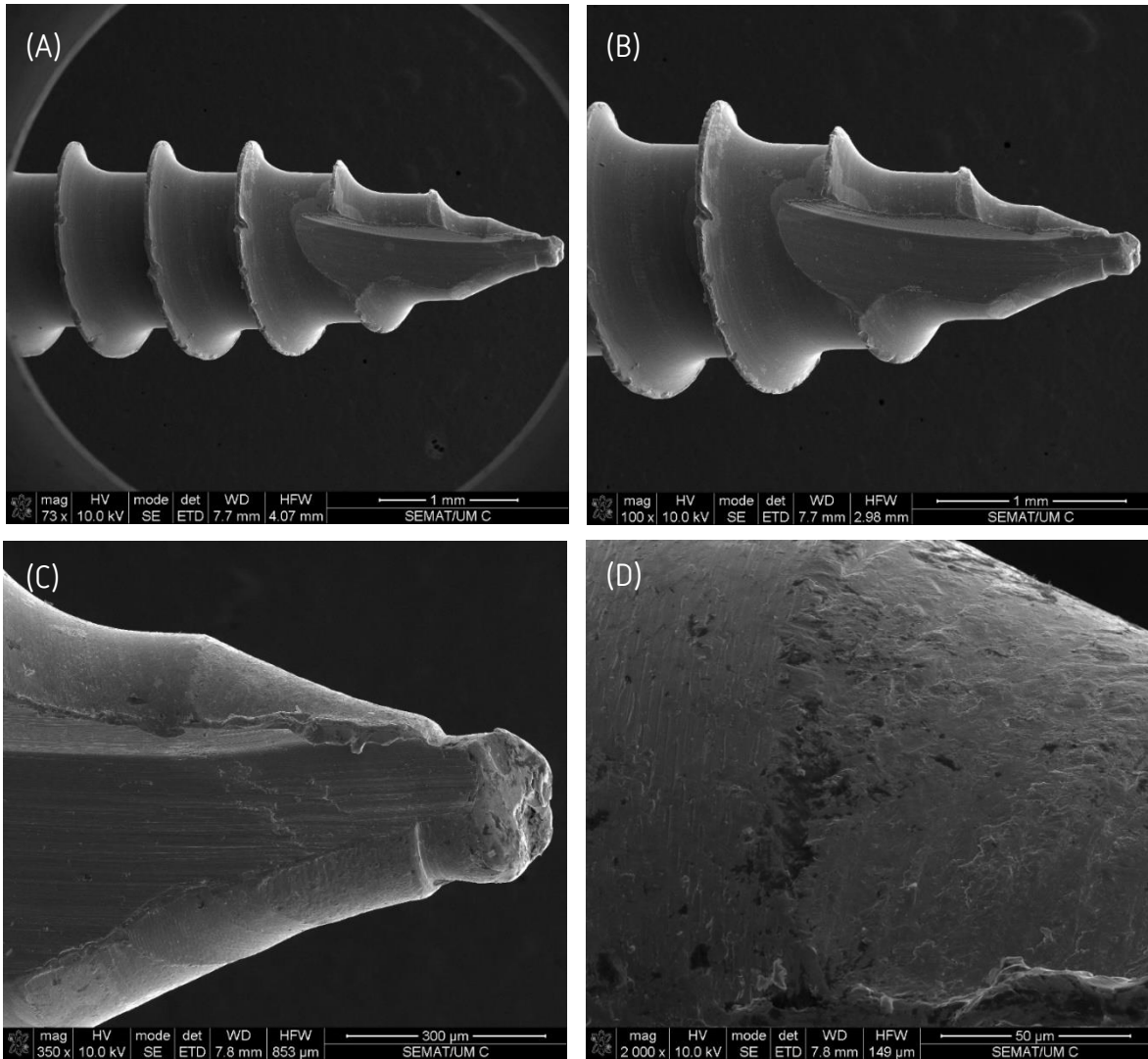


Figura 20: Superfície dos MIs (G1) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

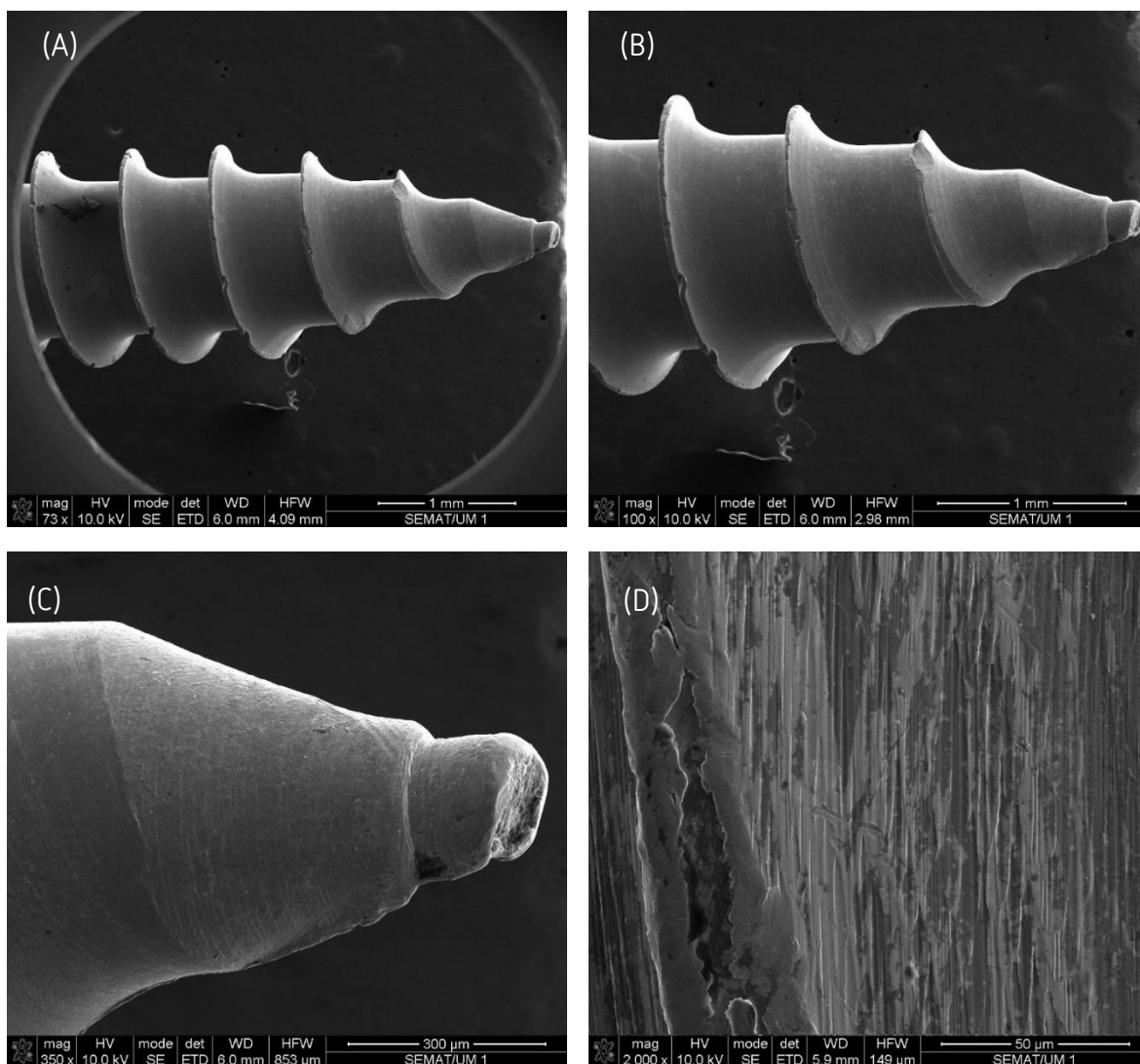


Figura 21: Superfície dos MIs (G2) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

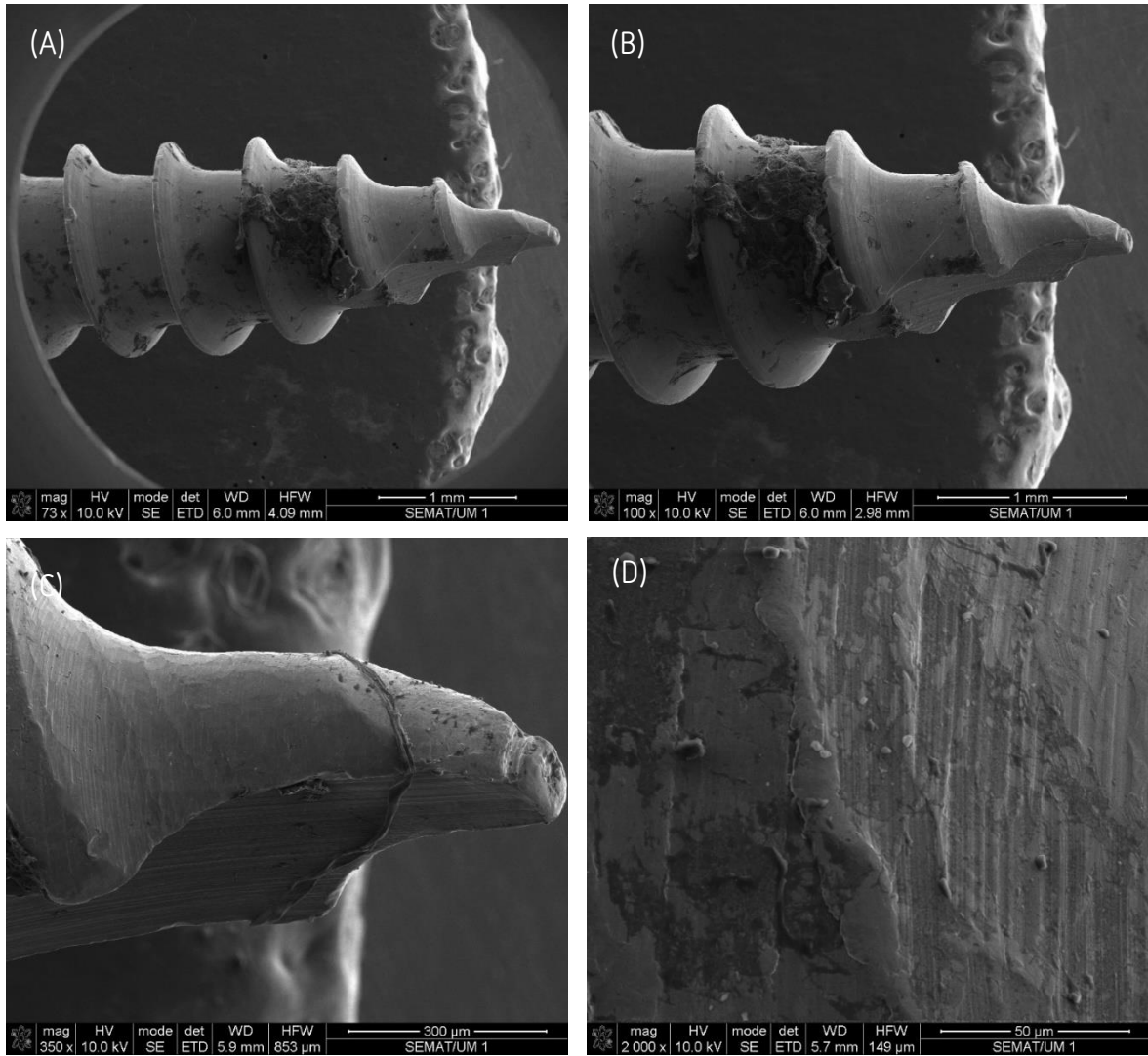


Figura 22: Superfície dos MIs (G2) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

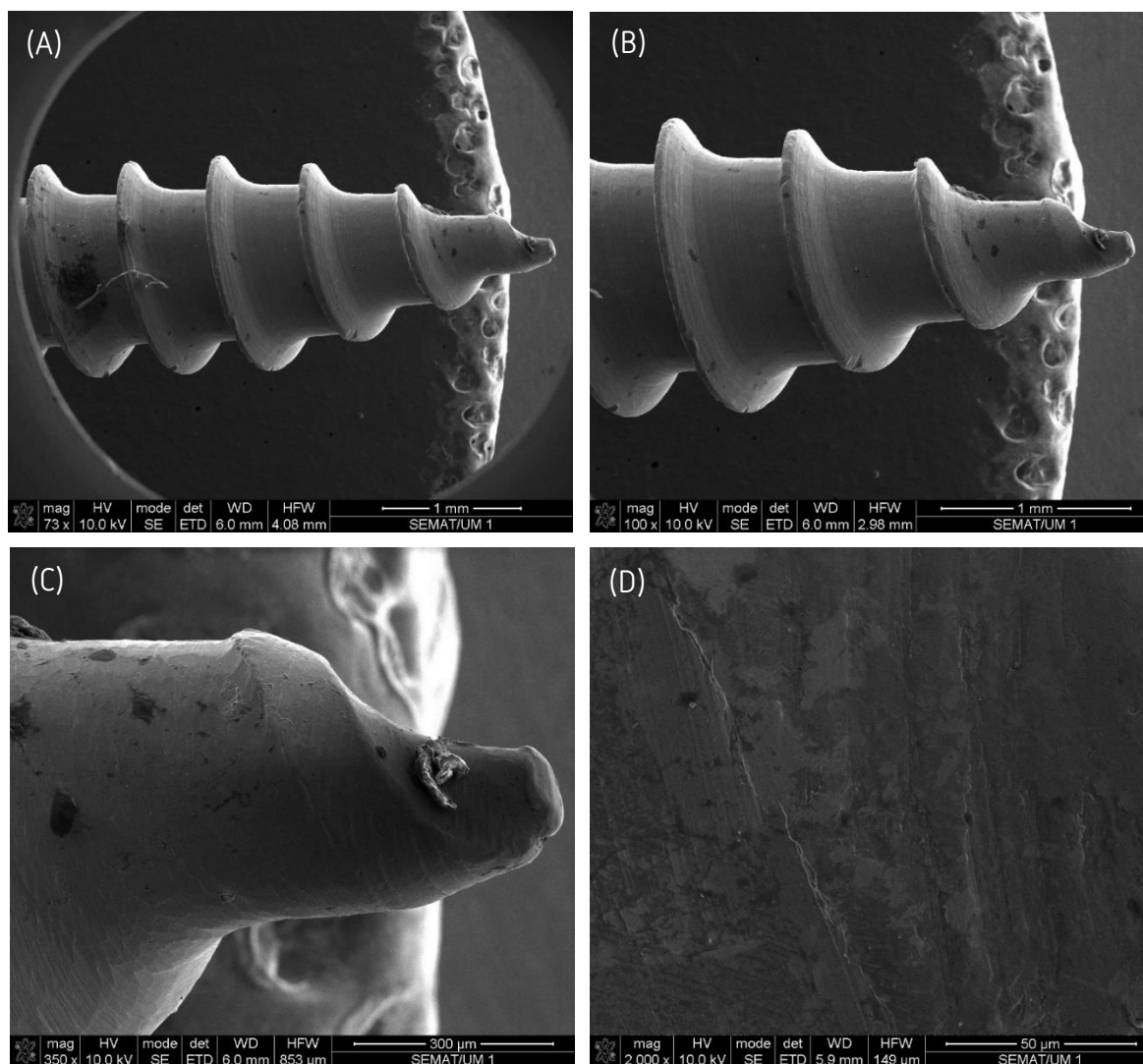


Figura 23: Superfície dos MIs (G2) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

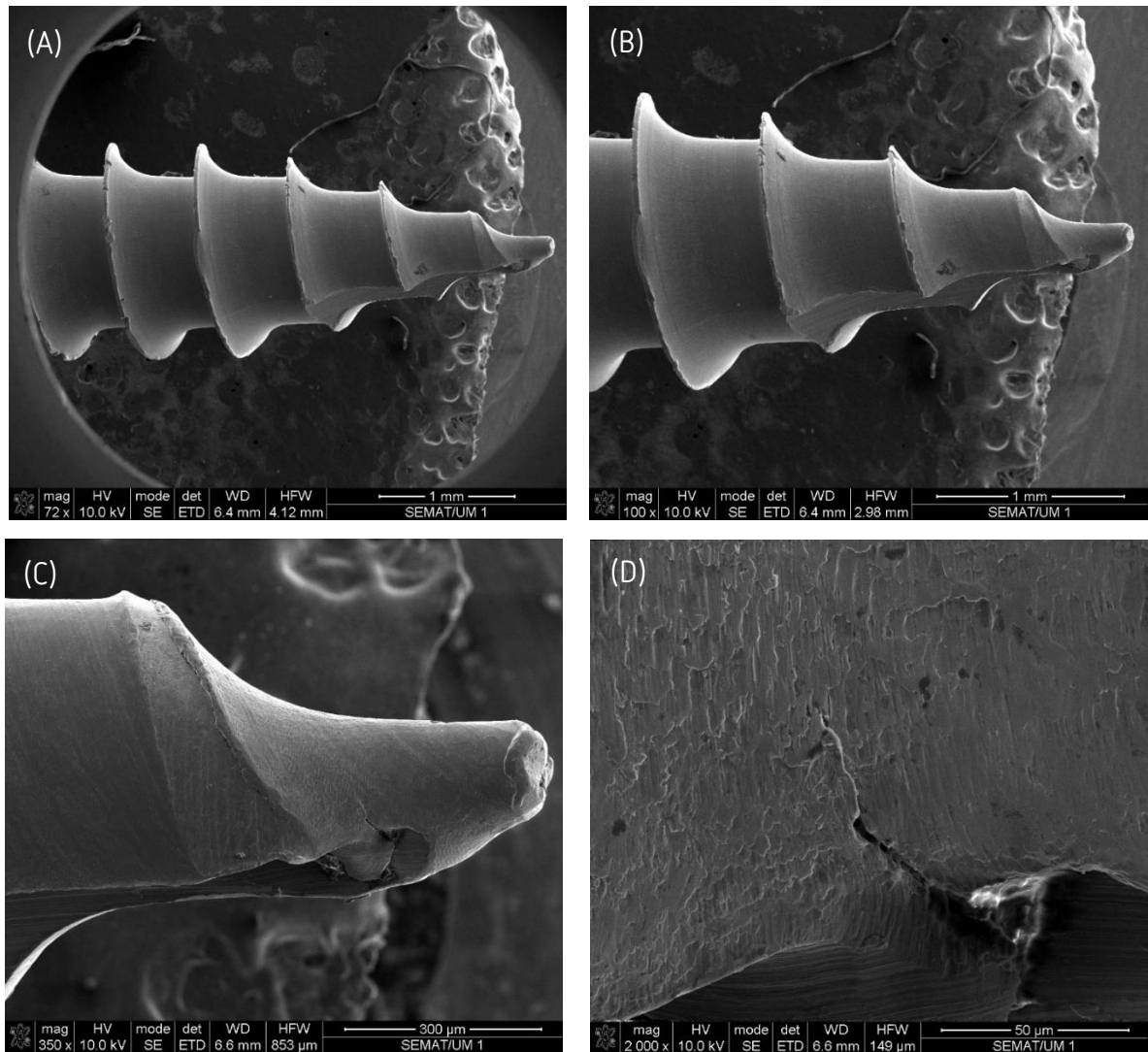


Figura 24: Superfície dos MIs (G2) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

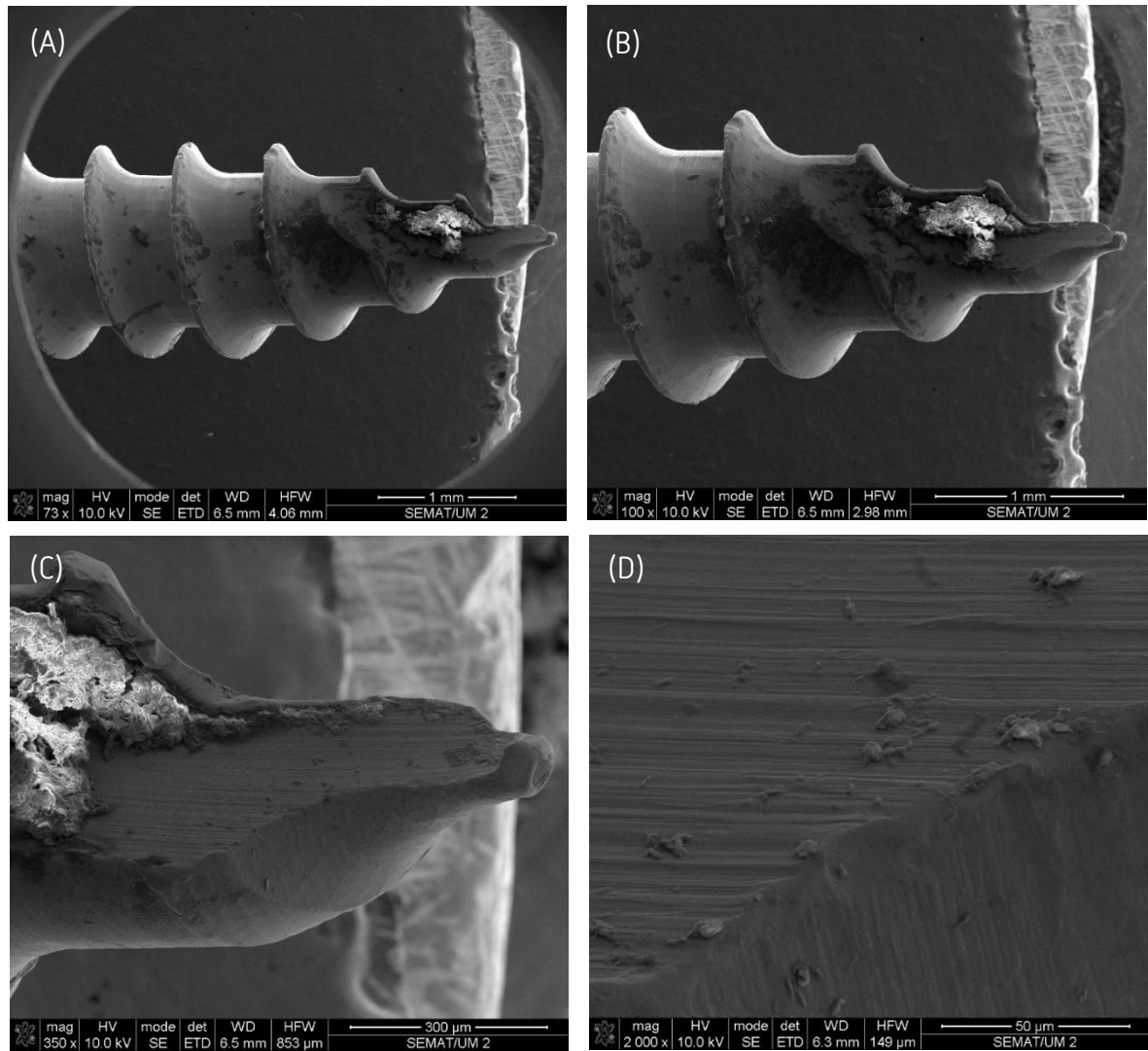


Figura 25: Superfície dos MIs (G3) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

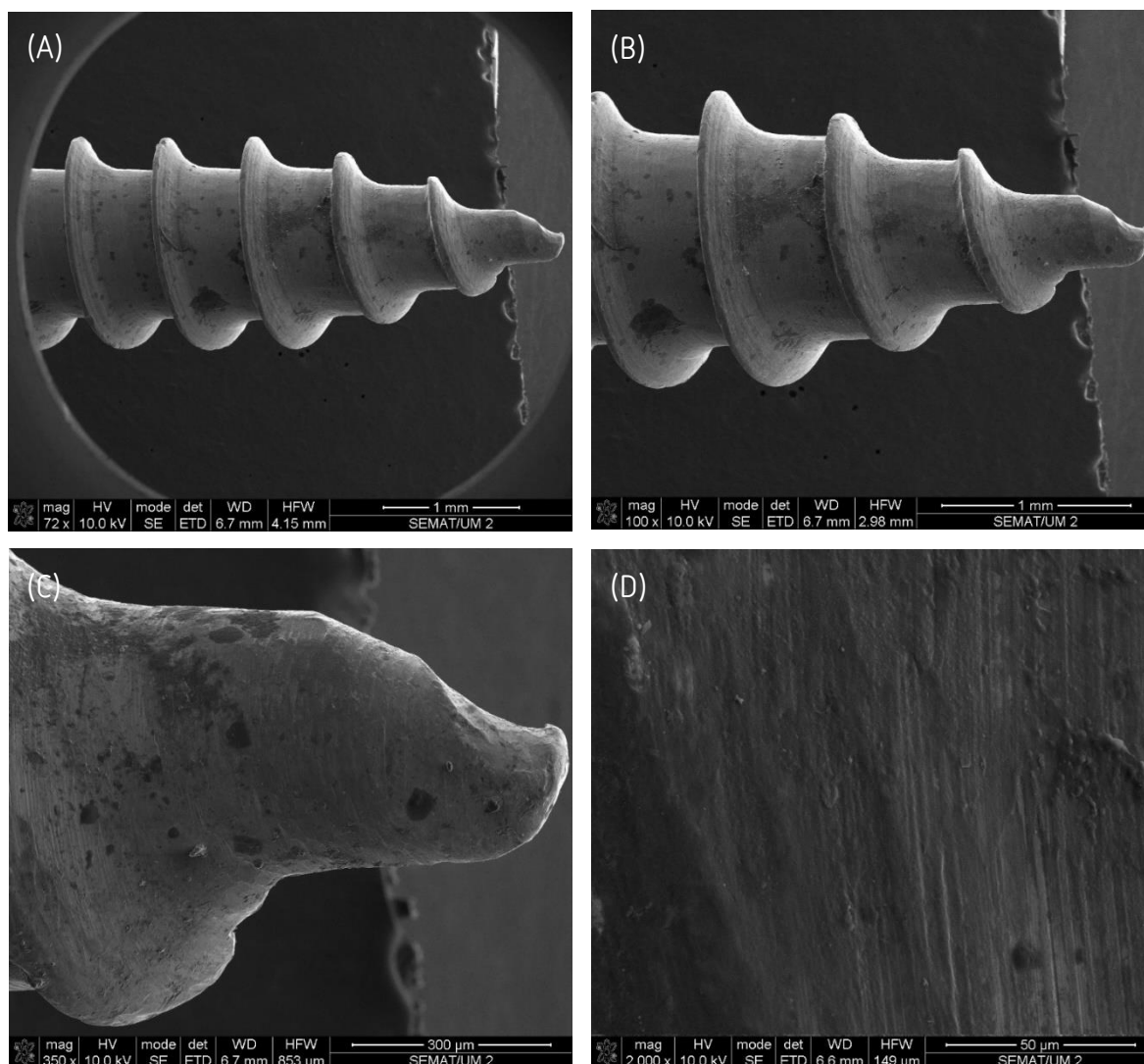


Figura 26: Superfície dos MIs (G3) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

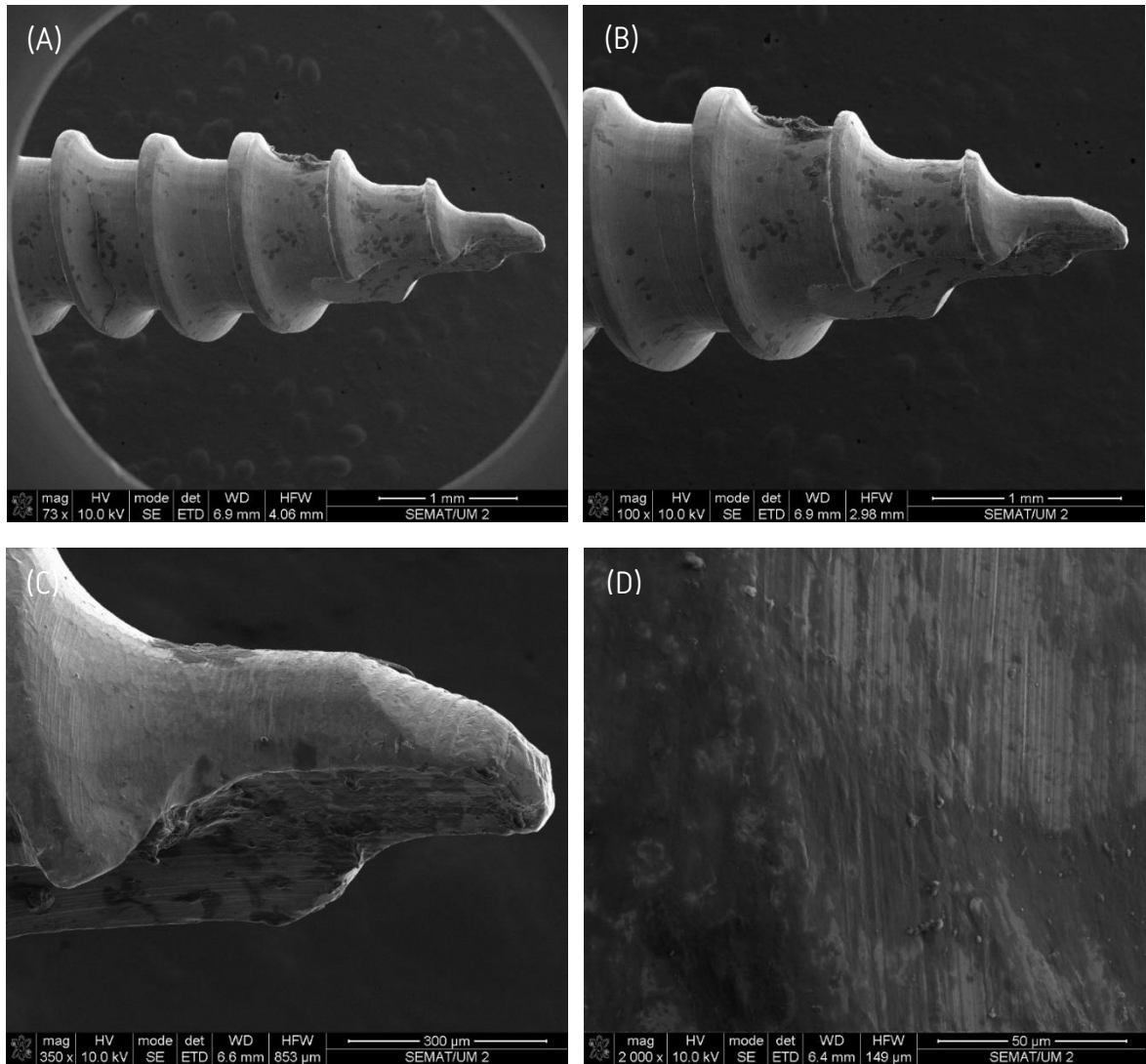


Figura 27: Superfície dos MIs (G3) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x

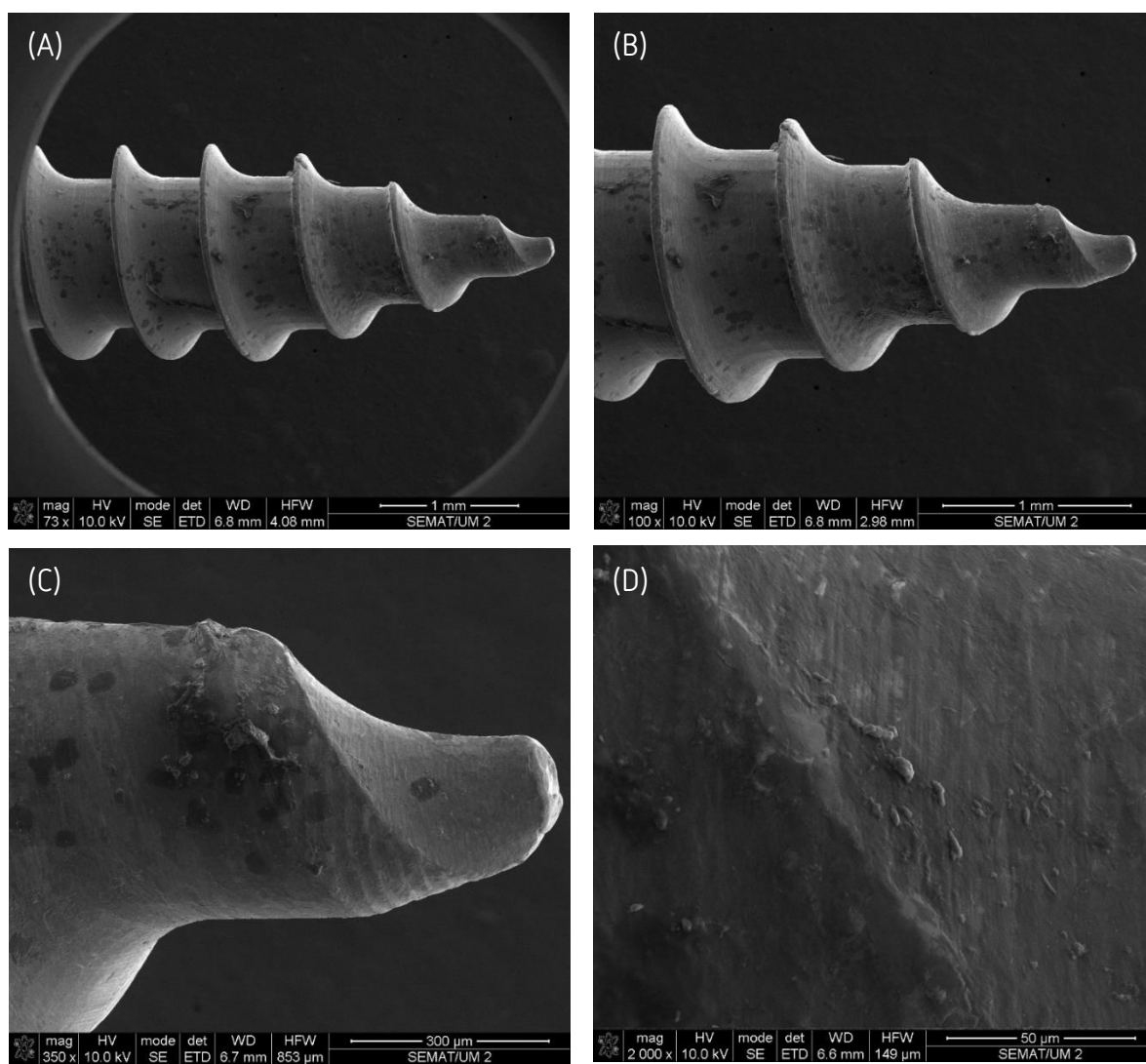


Figura 28: Superfície dos MIs (G3) visualizada através do SEM: (A) ampliação de 73x, (B) ampliação de 100x, (C) ampliação de 350x e (D) ampliação de 2000x